

Ar 2002



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 36 27 598 C 2

Anlage 5 ⑤1 Int. Cl. 6:
C 23 C 14/50

- ②1 Aktenzeichen: P 36 27 598.0-45
- ②2 Anmeldetag: 14. 8. 88
- ④3 Offenlegungstag: 18. 2. 88
- ④5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 9. 3. 95

7. best. 1/5

L6/PTL-UL
Lfd.-Nr.
0 4. APR. 1995
Bearbeiter
Ablage

DE 36 27 598 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:
Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH, 60596 Frankfurt,
DE

⑦2 Erfinder:
Casel, Anton, Dr.rer.nat., 7917 Vöhringen, DE;
Kasper, Erich, Dr.rer.nat., 7914 Pfaffenhofen, DE;
Kibbel, Horst, Ing.(grad.), 7904 Erbach, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:
US 45 99 069
US-Z.: J. Vac. Sci. Technol. B1(2), Apr/Jun 1983,
S. 497-500;

⑤4 Anordnung zur Strahlungsheizung eines scheibenförmigen Substrats

DE 36 27 598 C 2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Strahlungsheizung eines scheibenförmigen Substrats.

Für das Verfahren der Molekularstrahl-Epitaxie zum Aufwachsen einkristalliner Halbleiterschichten auf ein Substrat ist es notwendig, das Substrat auf eine hohe Temperatur aufzuheizen. Die Erzeugung gleichmäßiger Schichten und insbesondere die Kinetik des Dotierstoffeinsbaus erfordern eine über die gesamte Substratfläche konstante Temperatur.

Aus der US-PS 4 599 069 ist eine Anordnung bekannt, bei welcher das scheibenförmige Substrat mit einer indirekt beheizten Wärmeleitplatte in flächigen Kontakt gebracht wird. Die Wärmeleitplatte ist gleich groß wie die Substratscheibe oder umfaßt zusätzlich den Substratrand.

Andere Anordnungen vermeiden den Kontakt zwischen Substrat und Heizkörper und wirken ausschließlich über die Strahlenheizung. Hierfür ist es üblich, einen Flächenheizkörper parallel zu der Substratscheibe und von dieser beabstandet zu positionieren. Die von der Heizung emittierte Strahlung wird an der Si-Scheibe teilweise reflektiert, teilweise durchstrahlt sie die Scheibe, teilweise wird sie von der Scheibe absorbiert und heizt sie somit auf eine bestimmte Temperatur auf. Eine derartige Strahlungsheizung wird in der Druckschrift von S. N. Finegan, R. G. Swartz, J. H. McFee, "A UHV compatible round wafer heater for silicon molecular beam epitaxy", J. Vac. Technol. B 1(2), 1983, S. 497-500, beschrieben.

Weitere vorbekannte Lösungen zum Beheizen von Halbleiter-Substraten sind die Beheizung des Substrates durch direkten Stromdurchgang oder die Kontaktierung des Substrates auf einer Heizfläche durch metallische Verbindungen. Diese bekannten Substratbeheizungen haben jedoch den Nachteil, daß die Temperatur des Substrates nicht in dem Maße konstant ist, daß die für die Bauelementenherstellung geforderte Toleranz der Dotierung eingehalten werden kann.

Um ein Substrat mit einer Strahlungsheizung, die nur aus einer Heizfläche mit konstanter Temperatur besteht, gleichmäßig zu beheizen, muß die Heizungsfläche sehr viel größer sein als die Substratfläche. Bei einem Abstand Heizung-Substrat von 10 mm müßte der Heizungsradius ungefähr 35 mm größer sein als der Radius einer zu beheizenden Si-Scheibe, um ein Temperaturprofil des Substrates mit Temperaturschwankungen von weniger als ± 5 K zu erhalten. Das hat zur Folge, daß die Heizungsanordnung viel zu großflächig ist und die Vakuumanlage einer unnötig großen thermischen Belastung ausgesetzt ist. Außerdem wird eine geometrisch günstige Anordnung von in situ Analyseeinrichtungen erschwert.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung zur Strahlungsheizung eines scheibenförmigen Substrats anzugeben, welche eine über die Substratfläche möglichst gleichmäßige Temperaturverteilung bewirkt, ohne eine wesentlich größere Fläche zu beanspruchen.

Diese Aufgabe wird durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst. Zweckmäßige Ausgestaltungen und/oder Weiterbildungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Die Erfindung hat den Vorteil, daß unter der technisch einfachen zu realisierenden Bedingung einer im wesentlichen konstanten Temperatur der Flächenheizung 2, ein Substrat 1 gleitlinienfrei, d. h. ohne plastische Kri-

stallverformungen, beheizt werden kann. Diesen Effekt erzielt man durch einen unterhalb des Substrates angebrachten Strahlungsreflektor 3 und durch einen Trägerkörper 4, auf dem das Substrat aufliegt (gleichzeitig radiale Fixierung) und der aus dem gleichen Material besteht wie das Substrat. Durch geeignete Materialkombination können die Reflexions-, Emissions- und Absorptionskoeffizienten des Strahlungsreflektors 3, der Flächenheizung 2 und des Substrates 1 so untereinander abgestimmt werden, daß ein gewünschtes Temperaturprofil im Substrat erreicht wird. Es wird ein günstiges Flächenverhältnis Heizung/Substrat erzielt, so daß die Vakuumanlage lediglich einer geringen thermischen Belastung ausgesetzt ist.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert unter Bezugnahme auf schematische Zeichnungen.

Fig. 1 zeigt die Heizungsanordnung und die durch den Strahlungsreflektor 3 für verschiedene Temperaturen erzeugten Temperaturprofile des Substrats 1;

Fig. 2 zeigt den Flächenheizkörper 2 mit Strahlungsreflektor 3 und den Trägerkörper 4, auf dem das Substrat aufliegt.

Gemäß Fig. 1 sind Flächenheizung 2 und Substrat 1, z. B. eine Si-Scheibe, parallel im Abstand von ungefähr 10 mm angeordnet. Der Flächenheizkörper 2 besteht beispielsweise aus Graphit mit einer mäanderförmig verlaufenden Widerstandsheizung. Über der Heizfläche wird dadurch eine annähernd konstante Temperatur erzeugt. Die Fläche des Heizkörpers 2 ist vorteilhafterweise nur geringfügig größer (maximal 5 mm) als die der zu beheizenden Si-Scheibe 1, so daß ein günstiges Flächenverhältnis Heizung/Substrat gegeben ist.

Ohne den Strahlungsreflektor (3) erhält man auf dem Substrat ein Temperaturprofil, das aufgrund des Geometriefaktors am Substratrand stark abfällt. Der Strahlungsreflektor 3, der z. B. aus Tantal oder Molybdän besteht, ist im Abstand von ungefähr 3 mm unterhalb des Substrates 1 angebracht und reflektiert die von "oben" einfallende Strahlung (Strahlung vom Substrat und von der Heizfläche). Im Bereich des Strahlungsreflektors 3 wird dadurch die Temperatur des Flächenheizkörpers 2 und des Substrates 1 erhöht. Das hat eine Überkompensation des Temperaturprofils des Substrates zur Folge. In Fig. 1 ist die gemessene Temperatur des Substrates T_s gegen den Abstand x vom Substratrand für verschiedene Heizflächentemperaturen aufgetragen. Der vom Strahlungsreflektor 3 im Substrat 1 hervorgerufene Temperaturgradient kann zu unerwünschten plastischen Kristallverformungen, sogenannten Gleitlinien, führen. Führt man einen ringförmigen Si-Trägerkörper 4 gemäß Fig. 2 ein, so liegt nur der Trägerring in dem durch den hohen Temperaturgradienten gefährdete Bereich, während das nun entsprechend kleinere Substrat im homogenen Temperaturbereich liegt. Dadurch erreicht man, daß das Substrat gleitlinienfrei beheizt wird. Die lateralen Temperaturschwankungen im Substrat betragen maximal ± 5 K.

Der Trägerkörper 4 hat den weiteren Vorteil, daß dadurch der Übergang Halbleiter/Metall außerhalb des Substrates liegt.

Um einen unnötigen Wärmeverlust des Substrates zu vermeiden, ist die Substratträgerringhalterung so gewählt, daß der Trägerring nur an seinem Randbereich mit möglichst geringer Auflagefläche gehalten wird, z. B. durch eine in der Halterung angebrachte keilförmig verlaufende Nut.

Eine technisch aufwendigere Lösung der Erfindung

läßt sich durch einen Flächenheizkörper 2 mit mindestens zwei Heizkreisen mit separater Regelung realisieren. Der Temperaturverlauf in der Flächenheizung 2 ist so gewählt, daß auch am Rand des Substrates 1 keine Gleitlinien auftreten und die Temperaturschwankungen im Substrat ± 5 K nicht überschreiten.

Außerdem kann der Trägerkörper 4 zusätzlich geheizt werden, so daß gegebenenfalls auf den Strahlungsreflektor 3 verzichtet werden kann. Ferner ergibt sich dadurch die Option, die Fläche des Heizkörpers kleiner als die Substratfläche zu gestalten.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Strahlungsheizung eines scheibenförmigen Substrats (1) mittels eines von dem Substrat beanstandeten Flächenheizkörpers (2), dadurch gekennzeichnet, daß die Fläche des Flächenheizkörpers im wesentlichen gleich der Fläche des Substrats ist und auf der dem Flächenheizkörper abgewandten Seite des Substrats im Bereich des Substratrandes ein Strahlungsreflektor (3) angebracht ist. 15
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Flächenheizkörper (2) mindestens aus einer mäanderförmig verlaufenden Widerstandsheizung besteht und im wesentlichen eine konstante Temperatur über der Heizfläche besitzt. 25
3. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (1) durch seinen Trägerkörper (4) gehalten wird, der aus dem gleichen Material wie das Substrat (1) besteht. 30
4. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Trägerkörper (4) als Trägerring ausgebildet ist, auf dem das Substrat mit dem Rand aufliegt. 35
6. Strahlungsheizung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Trägerkörper (4) durch eine Zusatzheizung geheizt wird, mit welcher das Wärmeprofil einstellbar ist. 40
6. Strahlungsheizung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Flächenheizkörper (2) sowie der Strahlungsreflektor (3) Bestandteile einer Molekularstrahl-Epitaxie-Anlage sind. 45

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

